

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ  
МАТЕРИАЛАХ**

И.А. Викулина, К.О. Гусаченко, А.О. Семкин

Научный руководитель: профессор, к.ф.-м.н. С.Н. Шарангович

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: [irinavickulina@yandex.ru](mailto:irinavickulina@yandex.ru)

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HARMONIC COMPOSITION OF THE HOLOGRAPHIC  
DIFFRACTION STRUCTURES IN PHOTOPOLYMERIZABLE MATERIALS**

I.A. Vikulina, K.O. Gusachenko, A.O. Semkin

Scientific Supervisor: Prof., PhD S.N. Sharangovich

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: [irinavickulina@yandex.ru](mailto:irinavickulina@yandex.ru)

***Abstract.** The results of investigations of diffraction efficiency of holographic diffraction structures in photopolymerizable media dependence on recording scheme's geometry are obtained in this work. It is shown that the recording beams' incident angles decreasing will lead to the growth of amplitudes of higher spatial harmonics' of structure's refraction index. And this fact demonstrates the possibility of holographic formation of complicated diffraction structures, which can be considered as a system of planar waveguide channels.*

**Введение.** В последнее время для создания оптических элементов, характеризующихся неоднородным распределением показателя преломления, всё более широкое применение находят фотополимеризующиеся композиции. В них возможно формирование заранее определенных неоднородностей оптических свойств голографическим методом. Создания на их основе динамически управляемых, селективных по углу, длине волны и поляризации падающего излучения голографических дифракционных структур (ГДС) и волноводных каналов основе характеризуется простотой и невысокой стоимостью [1-2].

Целью данной работы является экспериментальное исследование зависимости амплитуд пространственных гармоник показателя преломления голографических дифракционных структур (ГДС), сформированных в образцах композиционного фотополимерного материала (ФПМ), от геометрии их записи.

**Материалы и методы исследования**

Формирование дифракционных структур в образцах ФПМ производилось методом импульсной записи [3] по классической симметричной двухпучковой схеме. Экспериментальные образцы, изготовленные в НИОХ СО РАН [4], представляют собой тонкую (~70 мкм) пленку ФПМ (с красителем-сенситизатором), нанесённую на стеклянную подложку. Длина волны максимума поглощения красителя находится в области 633 нм, поэтому для формирования был выбран He-Ne лазер с линейной поляризацией и выходной мощностью 1 мВт. После завершения процесса записи при падении лазерного излучения на ГДС на выходе наблюдалась картина дифракции с набором ярких максимумов излучения. Схема экспериментальной установки по записи и считыванию ГДС приведена на рис. 1.

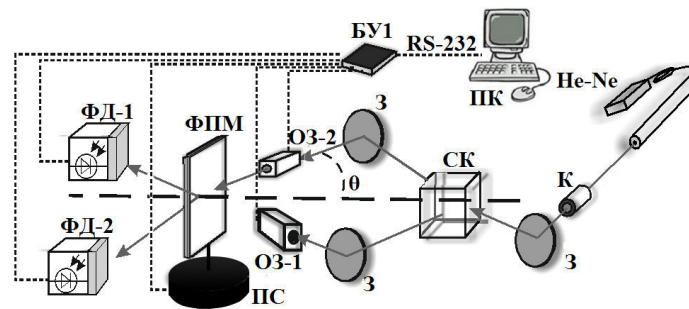


Рис. 1. Схема экспериментальной установки считывания ГДС с изменяющимся углом падения: He-Ne – лазер; К – коллиматор; 3 – зеркало; СК – светоделительный кубик; ОЗ-1,2 – оптические затворы; ПС – поворотный столик; ФПМ – экспериментальный образец; ФД-1,2 – фотодиоды; БУ-1 – блок управления; ПК – персональный компьютер.

Считывание ГДС производилось путем измерения величины фототока фотодиодов установки при падении на ГДС одного пучка излучения (рис. 1). Интенсивность прошедшего и дифрагировавшего пучков пропорциональны фототоку, таким образом, измеренные величины позволяют вычислить дифракционную эффективность (ДЭ) ГДС по формуле:

$$\eta = \frac{I_d}{I_d + I_t} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $\eta$  – дифракционная эффективность;  $I_d$  – интенсивность дифрагировавшего пучка;  $I_t$  – интенсивность прошедшего пучка.

Для первой гармоники ГДС измерения проводились сразу после записи. Для второй гармоники путем вращения поворотного столика (ПС на рис. 1) устанавливался такой угол падения считывающего излучения, который соответствовал бы выполнению условий дифракции Брэгга на второй гармонике. Затем производились измерения фототока фотодиодов для соответствующих максимумов. Соотношение дифракционных эффективностей, полученных по выражению (1) для дифракции на первой и второй гармониках одних и тех же структур, в зависимости от угла падения записывающих пучков приведено на рисунке 2.

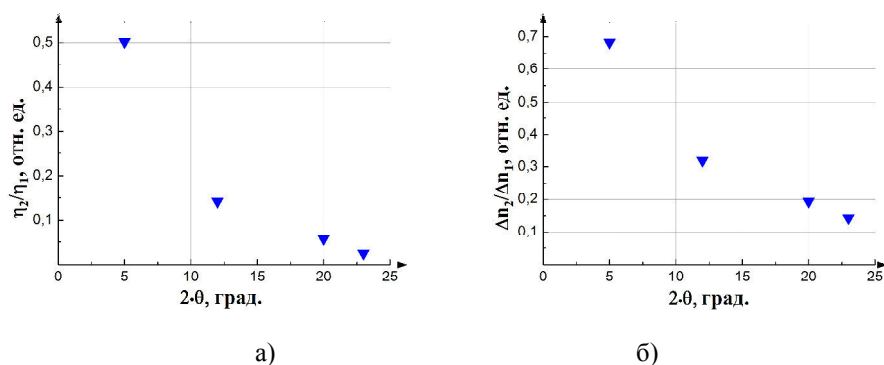


Рис. 2. Зависимость отношения а) ДЭ второй гармоники к ДЭ первой гармоники и б) их амплитуд от угла схождения формирующих пучков

Дифракционная эффективность и величина изменения показателя преломления связаны известным выражением Когельника [5]:

$$\Delta n = \frac{\lambda \cos \theta}{\pi d} \cdot \arcsin(\sqrt{\eta}), \quad (2)$$

где  $\theta$  – угол Брэгга;  $d$  – толщина образца.

Таким образом, из соотношения ДЭ для двух гармоник (рис. 2а) можно рассчитать соотношение их амплитуд (рис. 2б).

**Результаты.** При увеличении угла падения записывающих пучков интенсивность дифрагировавшего на второй гармонике пучка уменьшается (рис. 2а), что говорит о снижении ее амплитуды (рис. 2б). Это обусловлено тем, что с увеличением угла падения уменьшается период структуры, что приводит к росту скорости диффузионных процессов [3] и соответствующему формированию структуры, изменение показателя преломления которой близко к гармоническому. Таким образом, путем уменьшения угла падения записывающего излучения можно формировать структуры со сложным ангармоническим пространственным профилем показателя преломления.

**Заключение.** Ранее в работе [6] было показано, что увеличение амплитуд высших пространственных гармоник показателя преломления приводит к формированию ГДС с квазипрямоугольным профилем. Такие структуры могут рассматриваться как системы планарных волноводных каналов. В данной работе экспериментально показана принципиальная возможность голографического формирования подобных структур в образцах ФПМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менсов С.Н. Оптическое формирование стабильных волноведущих структур из фотополимеризующейся композиции с неполимеризующимся компонентом / С.Н. Менсов, Ю.В. Полуштайцев // Квантовая электроника. – 2012. - №6. – С. 545-550.
2. Mensov S.N., Waveguiding elements optical formation at light beams interaction in transparent photopolymerizable compositions / S.N. Mensov, Yu.V. Polushtaytsev // CAOL 2005. – Yalta, Crimea, Ukraine, 2005. – P. 137-139
3. Импульсная запись пропускающих и отражающих голографических дифракционных решеток в поглощающих фотополимерах. 2. Численное моделирование и эксперимент / Е.А. Довольнов, В.Г. Миргород, Е.Ф. Пен, С.Н. Шарангович, В.В. Шелковников // Известия вузов. Физика. – 2007. – Т.53. – №4. – С. 34-39.
4. Пат. 2222038 Российская Федерация, Фотополимерная композиция для записи голограмм/Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. – №2002100510/04; заявл. 08.01.02; опубл. 20.01.04.
5. Kogelnik H. Coupled Wave Theory for Thick Hologram Gratings // The Bell System Technical Journal. – 1969. – P. 2909 – 2947.
6. Semkin A.O. Theoretical model of controllable waveguide channels system holographic formation in photopolymer-liquid crystalline composition / A.O. Semkin, S.N. Sharangovich // Physics Procedia. – 2017. – Vol. 86. – P. 181-186.